

国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

# Corrosion and Leakage Prevention Engineering for Ships

# 舰船防腐防漏工程

■ 方志刚 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



# 舰船防腐防漏工程

Corrosion and Leakage Prevention Engineering for Ships

方志刚 曹京宜 张波 等著  
管勇 刘斌 许立坤

国防工业出版社

·北京·

## 内容简介

本书以舰船为研究对象,介绍了舰船材料、海洋与使用腐蚀环境、试验评定等防腐蚀、防泄漏基础概念,阐述了阴极保护、防腐蚀涂料、涂镀层、电绝缘、密封材料、密封结构、介质隔离、腐蚀检测、腐蚀评估等防腐蚀、防泄漏基本技术,分析了舰船结构、系统、设备常见腐蚀、泄漏故障和规律,提出了在舰船设计、建造、使用维护等过程中防腐蚀、防泄漏措施和技术要求。

本书可供从事舰船腐蚀控制理论研究和实际工程应用的人员阅读,也可作为高等院校相关专业的教师及研究生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

舰船防腐防漏工程 / 方志刚等著. —北京:国防工业出版社, 2017. 12

ISBN 978 - 7 - 118 - 11427 - 0

I. ①舰… II. ①方… III. ①船舶 - 防腐②船舶 - 防漏 IV. ①U672.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 252482 号

## 舰船防腐防漏工程

方志刚 等著

---

出 版	国防工业出版社(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)
印 刷	中国人民解放军第一二零五工厂
规 格	889 × 1194 1/16
印 张	54
字 数	1706 千字
版 次	2017 年 12 月第 1 版
印 次	2017 年 12 月第 1 次印刷
印 数	1—1500 册
定 价	580.00 元

---

书 号 ISBN 978 - 7 - 118 - 11427 - 0

# 编写人员名单

(按姓氏笔画排序)

王 涛 王曰义 王虹斌 王洪仁 方志刚 刘 斌 许凤玲 许立坤 孙 嵘  
李 江 李 坚 李 鲲 李相波 吴 恒 张 波 邵亚薇 林志峰 胡裕龙  
黄 一 曹京宜 董彩常 韩 冰 管 勇 霍柏琦

## 编写分工

第 1 章 方志刚  
第 2 章 曹京宜 方志刚 管 勇  
第 3 章 方志刚 管 勇  
第 4 章 胡裕龙 管 勇  
第 5 章 张 波 董彩常 吴 恒 韩 冰  
第 6 章 许立坤  
第 7 章 曹京宜  
第 8 章 杨万国 张 波  
第 9 章 方志刚 王虹斌 王洪仁  
第 10 章 方志刚 李 江  
第 11 章 方志刚 李 鲲 李 江  
第 12 章 林志峰 李相波 许凤玲 许立坤  
第 13 章 刘 斌 管 勇 王 涛  
第 14 章 刘 斌 管 勇 方志刚 王 涛  
第 15 章 方志刚 韩 冰 张 波 李 坚 管 勇  
第 16 章 方志刚 张 波 董彩常  
第 17 章 方志刚 曹京宜 黄 一 孙 嵘 邵亚薇  
第 18 章 管 勇 曹京宜 方志刚  
第 19 章 张 波 王虹斌 吴 恒 董彩常 杨万国  
第 20 章 王虹斌 方志刚 王曰义 王洪仁  
第 21 章 方志刚 董彩常 张 波 霍柏琦 王虹斌 王洪仁 李 江 李 鲲  
第 22 章 方志刚 曹京宜 管 勇 张 波 王虹斌 许立坤

# 前 言

随着材料技术的发展,各种高性能金属材料、复合材料应运而生,并大量用于船舶海运装备制造,这其中用于军事目的的舰船的发展则引领着船舶材料技术的进步和发展。虽然金属材料如铜、铝、铁等发现并进入到日常实用已有数千年的历史,但是这些金属材料进入到船舶制造,特别是船体结构制造还是近 100 多年以来的事情,主要还是材料的强度、韧性、耐蚀性、成形技术、加工工艺等综合性能尚有不足,材料尺寸也难以满足大吨位船舶制造工程需要。所以,在船舶制造和使用的漫漫数千年中,自史前刳木为舟开始,木质材料的使用占据着时间上的绝对统治地位,其防腐蚀的措施主要是涂刷防腐蚀油漆、浸渍耐腐蚀液和腐蚀环境控制(如使用间歇期上排以保持船体干燥等),涂刷油漆和环境控制等方法一直沿用至今。金属材料则是长期作为一个很小的“配角”在使用,如船体局部加强和连接结构的铆榫或者装饰等,自然金属材料的防腐蚀也不是人们考虑的主流。

船舶推进技术的发展与船体材料的发展有些类同,长时间依靠人力(橹)、风力(帆)。1807 年,美国的富尔顿建成第一艘采用明轮推进的蒸汽机船“克莱蒙脱”号,其时速约为 8km/h,这是标志船舶动力进入到机器推动时代并且金属材料大量用于船舶的激动人心的时刻。这个时间点比船体采用钢铁材料制造约早 70 年。1879 年第一艘钢船诞生和 1891 年第一艘铝船问世,标志着世界上船舶已完全进入到金属材料时代——金属船舶时代,以前虽然有“铁甲船”的使用,“金属”在船舶上的主角地位尚未形成。随着钢铁、铝合金大批量用于制作船体,船舶抗打击能力越来越强,船舶作为征服海洋、争夺海洋资源的“工具”用途和能力越来越强,世界上人们的眼光、争夺要地和战略制高点也逐渐聚焦在海洋上。战列舰、潜艇、航空母舰等就是金属材料在船舶上应用的产物,也是人们用于海洋争夺的利器,发展到 21 世纪以后更是如此。人们利用这些军用船舶去运送装备物资、威慑和打击敌人,因此舰船也被誉为“流动的国土”。

在 100 多年的时间段内,人们对于舰船腐蚀的态度和认识大致有“朦胧期”“混乱期”和“发展期”三个阶段。“朦胧期”是自金属船舶诞生至第二次世界大战开始前的 50 多年,金属制舰船在军事界还是一个新鲜的装备,如何设计、制造和使用才能发挥各型不同特点的舰船的作用是人们考虑的焦点,管理者和设计者知道要防腐蚀,但是如何防、如何管这时处于朦胧状态和探索时期,主要防腐蚀方法还是沿用老的木船时代的涂刷油漆的方法,刚刚开始着手材料的耐蚀性研究、阴极保护技术研究、结构防腐蚀设计以及综合考虑等。在第二次世界大战期间、结束至冷战前期,以美国、苏联和欧洲各国为代表的战争参与国建造了大量的舰船,人们关注的重点是如何快速地制造更多的舰船并在短时间内取胜战争,打赢是主要目的,较少地考虑防腐蚀。大部分舰船在战争期间被击沉、毁伤和报废,防腐蚀技术是否过关没有得到真正有效检验。当时的世界是一个混乱的世界,这个时间段也是舰船防腐蚀技术发展的“混乱期”。随着第二次世界大战的结束,人们的眼光和焦点重新回到建设和发展上来,大量的舰船闲置下来,这时候才发现这些快速建造的舰船其腐蚀也是很快的,而再采取措施控制其腐蚀是多么困难,其维护的代价甚至不亚于建造新的舰船。美国海军舰船出现了“腐蚀瘟疫”,大量报废尚处于“青壮年”的舰船,有的舰龄不足 10 年,苏联的情况也是如此,可以说腐蚀问题给美国和苏联/俄罗斯的海军带来了惨重的损失,教训深刻。在这之后,舰船腐蚀控制和管理工作得到了应有重视,海军舰船设计将腐蚀防护置于一个重要位置。材料的耐蚀研究、阴极保护技术、防腐蚀涂料技术、防海生物技术、结构防腐蚀技术、表面防腐蚀技术快速发展,各种防腐蚀标准从无到有,并呈体系化发展。即使如此,美国海军依然将腐蚀控制问题视为装备保障过程中的头等问题,在 21 世纪将海军装

备特别是舰船腐蚀的控制问题作为战略问题来考虑。美国和苏联/俄罗斯海军的舰船腐蚀控制已经走完三个阶段,逐渐由“发展期”走向“稳定期”,我国尚处在由“混乱期”向“发展期”过渡的阶段。

自系统开展舰船防腐防漏工作以来,有些问题一直困扰着我们:为什么要搞舰船防腐、防漏,其重要意义何在?谁在关注这个问题,谁又最关心这个问题?为什么美国海军将腐蚀问题置于国家发展的战略层面进行管理?如何加强我们的舰船腐蚀控制管理工作?舰船腐蚀控制技术发展的特点是什么,重点是什么,趋势是什么?各型舰船腐蚀又有什么特点,设计者要注意什么,防腐防漏技术研究科研工作者的重心在哪?

我们迫切需要解决这些问题。为解决这些问题提供一些思想与一些技术支持,这是本书的出发点,也是编写动力的来源。总的来说,舰船腐蚀和泄漏问题关系到舰船的质量、费用、安全性、在航率和寿命,舰船防腐防漏管理应从传统的单纯“防护”转移到综合“控制”上来,不仅仅是一个技术问题,更多的是一个思想认识问题,是一个管理问题。本书除展现具体的防护技术外,还想尝试着给读者展现一个在实际工程中必须采取的思考方法——系统工程思想和方法。

全书共分为 22 章,由方志刚主编、统稿。

第一部分基础篇,第 1 章至第 5 章。第 1 章导论,主要论述装备腐蚀控制的战略意义,舰船腐蚀控制与相关材料、舰船发展的关系,舰船腐蚀系统工程与发展方向;第 2 章腐蚀与腐蚀控制基础,简述腐蚀基础理论、腐蚀动力学、腐蚀控制基本方法;第 3 章耐蚀金属材料,介绍舰船结构用的结构钢、不锈钢、铝合金、钛及钛合金、铜合金、金属复合材料等主要材料;第 4 章舰船腐蚀环境,简述舰船建造环境、外部和内部使用环境,自身特殊环境;第 5 章舰船腐蚀试验,介绍腐蚀试验方法、腐蚀试验结果处理与评定、典型腐蚀试验实施。

第二部分技术篇,第 6 章至第 15 章。第 6 章舰船阴极保护技术,简述阴极保护技术原理,舰船阴极保护设计方法,舰船牺牲阳极阴极保护、舰船外加电流阴极保护等;第 7 章舰船涂料,介绍舰船涂料特点与分类,舰船涂料性能要求与常用品种,舰船特种涂料,涂装施工方法与要求;第 8 章金属表面处理与覆盖技术,简介金属表面工程、金属表面处理技术,重点介绍了热喷涂层技术、冷喷涂涂层技术、非金属涂层技术以及激光熔覆等其他防护涂层技术、船舶金属表面处理与覆盖技术的应用;第 9 章电绝缘技术,论述舰船电绝缘技术需求、要求、原理,舰船异种金属接触腐蚀特性试验,电绝缘材料技术研究、筛选、产品研制等;第 10 章密封材料技术,介绍舰船密封材料要求和分类、典型密封材料和制品、舰船特种密封材料研制与试验;第 11 章舰船轴用密封技术和装置,对典型密封结构失效进行分析,介绍新型舰船泵用集装式机械密封装置和艉轴耐磨损复合填料密封装置研制情况;第 12 章介质隔离与腐蚀环境改善技术,介绍热绝缘包覆等腐蚀介质隔离方法与技术;第 13 章腐蚀和泄漏监测、检测,论述腐蚀和泄漏监测需求、常用方法、发展方向、设备研制与系统设计等;第 14 章舰船防腐防漏评估,介绍舰船防腐防漏综合评估、寿命预测和可靠性评估、典型部位防腐设计方案仿真评估方法;第 15 章材料腐蚀特性与试验,论述近 20 年以结构钢、铝合金、铜镍合金为核心的数十种常用材料腐蚀特性、配套特性。

第三部分为工程篇,第 16 章至第 22 章。第 16 章水面舰船船体结构腐蚀与防护,分析水面舰船结构腐蚀、舾装及舾装件腐蚀特点、成因,提出外加电流阴极保护系统、牺牲阳极系列型谱及技术要求;第 17 章潜艇结构腐蚀与防护,研究潜艇结构腐蚀特点及典型的涂层失效、牺牲阳极失效和阴极保护系统失效等机理;第 18 章铝合金舰船船体结构腐蚀特点及控制方法,介绍铝合金船舶腐蚀控制与设计方法、典型腐蚀故障与处理措施;第 19 章舰船管路系统防腐防漏设计,介绍淡水管路、高温管路等腐蚀特点,研究管路系统弹性连接技术,从管路系统角度提出管路附件、密封件、材料选用等要求;第 20 章海水管路腐蚀规律及防护技术,分析舰船海水管路的腐蚀环境特点及规律、海水管路腐蚀机理及主要影响因素,介绍海水管路的腐蚀防护技术、

腐蚀控制要求;第21章舰船设备防腐防漏技术,分析热交换器、水泵、阀门、滤器、电子设备等典型舰船设备腐蚀故障特点,提出相关设备防腐防漏要求;第22章舰船防腐防漏工程实施,分析提出工程思想和原则、材料相容性设计、结构优化设计要求,简述论证设计、加工制造、使用维护等舰船全寿命周期的腐蚀控制方法、工程要点、技术要求。

本书综合了作者以及国内外近20年来在舰船领域海水腐蚀与防护的理论和研究成果编著而成,着重对我国在舰船设计腐蚀控制技术方面所取得的创新性成果进行了提炼。在前后20余年几个阶段的研究过程中,王虹斌研究员、李平教授是早期的组织者和主要参与者,他们以及团队成员刘斌博士、管勇博士、董月成博士等竭力奉献,为许多章节内容打下了研究基础;在研究的不同阶段,得到了陈学群教授、李章教授、王曰义研究员、姜晓燕高工、林海潮研究员以及敖晨阳、刘云生、龚俊、龚三、高永仑、平洋、李华成等众多学者的帮助和参与;许多防腐、防漏方法和技术要求的提出、编制、验证等工作得到了船舶行业几乎所有总体设计所、规范所、船厂的支持;在涂层失效研究方面得到海军涂料检测分析中心、哈尔滨工程大学、中国科学院腐蚀与防护国家实验室的支持,材料腐蚀特性研究方面得到青岛海洋腐蚀研究所、海军工程大学材料与化学系的支持,阴极保护技术研究方面得到海洋腐蚀与防护国防重点实验室的支持,阴极保护系统优化设计研究方面得到大连理工大学船舶学院的支持,密封材料、密封装置研究得到合肥通用机械研究院、宁波天生密封材料有限公司的支持,设备防腐防漏研究方面得到江苏振华泵业制造有限公司、江苏兆胜空调有限公司的支持;上级机关多年项目安排,单位管理者合理的工作安排,为本书的撰写创造了好的条件。对以上人员和单位的研究参与和支持,在此一并表示感谢。

感谢国家出版基金的大力资助,感谢国家出版基金申请过程中才鸿年院士、陈祥宝院士、邱志明院士和王福会研究员的推荐与指导;本书引用了大量的文献和标准,感谢文献作者和标准起草人的辛勤劳动。

本书编写目的是为舰船设计、建造、使用、维护保养和修理人员提供一本基础性理论专著,可供材料和腐蚀防护专业学生作为教材使用,也可为舰船装备工作者和其他领域腐蚀防护专业人员提供参考。

舰船腐蚀控制技术涉及面非常广,是一项庞大的系统工程。受篇幅所限,许多方法和措施不能一一详述。编著过程中虽然考虑兼顾全面性、准确性、先进性、实用性等,受思想认知、能力、水平以及研究深度、广度所限,书中不足、不全在所难免,敬请读者批评指正。

方志刚

2017年5月

# 目 录

## 第一部分 基础篇

第1章 导论 .....	2	2.2.1 化学腐蚀与电化学腐蚀 .....	33
1.1 舰船腐蚀控制工作的重要性 .....	3	2.2.2 电极反应 .....	35
1.1.1 腐蚀问题的客观性 .....	3	2.2.3 平衡电极电位与金属热力学稳定性 .....	36
1.1.2 舰船腐蚀和泄漏问题的普遍性 .....	3	2.2.4 极化与极化过程 .....	38
1.1.3 舰船防腐防漏工作的军事意义 .....	3	2.2.5 腐蚀电位 .....	41
1.1.4 舰船腐蚀控制的经济价值 .....	4	2.2.6 析氢腐蚀与吸氧腐蚀 .....	42
1.2 舰船腐蚀控制战略思考 .....	4	2.2.7 钝化 .....	44
1.2.1 国家战略工程 .....	4	2.3 腐蚀分类与腐蚀环境 .....	44
1.2.2 美国海军发展战略启示 .....	5	2.3.1 腐蚀类型 .....	44
1.2.3 我国舰船腐蚀控制战略思考 .....	9	2.3.2 全面腐蚀与均匀腐蚀 .....	46
1.3 舰船腐蚀控制与舰船总体和材料技术 .....	9	2.3.3 局部腐蚀及其原因 .....	47
1.3.1 舰船发展历史回顾 .....	10	2.3.4 点蚀及腐蚀形貌 .....	48
1.3.2 舰船形式与结构材料的多样性 .....	11	2.3.5 缝隙腐蚀 .....	49
1.3.3 各型动力装置与材料防腐蚀 .....	16	2.3.6 应力腐蚀及特征 .....	50
1.3.4 总体关键技术与腐蚀防护 .....	20	2.3.7 腐蚀疲劳及特征 .....	51
1.4 舰船腐蚀控制系统工程概论 .....	22	2.3.8 杂散电流腐蚀 .....	54
1.4.1 腐蚀控制工程的重要位置 .....	22	2.3.9 生物污损与微生物腐蚀 .....	55
1.4.2 腐蚀控制必须进行顶层设计 .....	22	2.3.10 腐蚀环境 .....	57
1.4.3 腐蚀控制必须进行全过程系统控制 .....	23	2.3.11 船舶在海水中的腐蚀特点 .....	58
1.4.4 腐蚀控制管理流程非常重要 .....	23	2.3.12 铝合金舰船腐蚀与钢质舰船腐蚀差异 .....	61
1.5 舰船腐蚀控制技术发展与展望 .....	23	2.4 腐蚀控制方法 .....	62
1.5.1 美国航空母舰腐蚀控制关键技术的发展趋势 .....	23	2.4.1 金属腐蚀防护基本原理 .....	62
1.5.2 舰船腐蚀控制技术薄弱环节 .....	25	2.4.2 抑制或减小流体造成的腐蚀的措施 .....	63
1.5.3 舰船腐蚀控制需求 .....	25	2.4.3 舰船工程常用的腐蚀控制方法 .....	63
1.5.4 舰船腐蚀控制技术研究学科发展展望 .....	26	参考文献 .....	66
参考文献 .....	28	第3章 耐蚀金属材料 .....	67
第2章 腐蚀与腐蚀控制基础 .....	29	3.1 船用耐蚀金属材料发展 .....	67
2.1 腐蚀概念 .....	29	3.2 舰船用结构钢 .....	68
2.1.1 概述 .....	29	3.2.1 分类 .....	68
2.1.2 腐蚀的危害 .....	29	3.2.2 舰船结构钢的发展现状 .....	68
2.1.3 金属发生腐蚀的条件 .....	30	3.2.3 碳钢 .....	71
2.2 腐蚀动力学 .....	33	3.2.4 合金钢 .....	73



3.2.5 船体结构钢 .....	74	4.2.6 污染情况 .....	119
3.2.6 船用轮机材料 .....	77	4.3 青岛、三亚、宁波的自然环境特征 .....	121
3.3 不锈钢 .....	79	4.3.1 青岛近岸海域的环境特征 .....	121
3.3.1 如何提高钢的耐蚀性 .....	79	4.3.2 三亚 .....	126
3.3.2 不锈钢的分类和特点 .....	81	4.3.3 宁波 .....	129
3.3.3 不锈钢在海洋环境中的腐蚀 .....	84	4.4 武汉、上海、葫芦岛的环境特征 .....	132
3.4 铜合金 .....	86	4.4.1 武汉 .....	132
3.4.1 分类与特点 .....	86	4.4.2 上海 .....	133
3.4.2 应用铜合金的注意事项 .....	88	4.4.3 葫芦岛 .....	135
3.5 钛合金 .....	90	4.5 全球海域海水盐度和温度 .....	138
3.5.1 分类与使用 .....	90	4.6 舰船自身腐蚀环境 .....	140
3.5.2 钛合金在舰船上应用的腐蚀与 防护 .....	92	4.6.1 概述 .....	140
3.6 铝及铝合金 .....	94	4.6.2 舰船杂散电流腐蚀环境 .....	141
3.6.1 分类及特点 .....	94	4.6.3 舰船结构特殊腐蚀环境 .....	141
3.6.2 铝合金在船舶上的应用 .....	100	参考文献 .....	142
3.7 金属复合材料 .....	102	<b>第5章 舰船腐蚀试验</b> .....	144
3.7.1 金属基复合材料 .....	102	5.1 概述 .....	144
3.7.2 爆炸焊接及复合材料 .....	106	5.2 腐蚀试验方法 .....	144
参考文献 .....	111	5.2.1 自然环境试验 .....	144
<b>第4章 舰船腐蚀环境</b> .....	113	5.2.2 实验室环境试验 .....	147
4.1 外部海洋环境 .....	113	5.2.3 实船试验 .....	150
4.1.1 海水 .....	113	5.3 腐蚀试验结果处理与评定 .....	151
4.1.2 海洋大气 .....	114	5.3.1 常用腐蚀评定方法 .....	152
4.2 渤海、黄海、东海、南海的自然环境 特征 .....	115	5.3.2 腐蚀评定指标选择 .....	157
4.2.1 海水温度 .....	115	5.4 典型腐蚀试验实施 .....	158
4.2.2 海水盐度 .....	117	5.4.1 电化学测试试验 .....	158
4.2.3 降水量 .....	118	5.4.2 实验室腐蚀试验 .....	161
4.2.4 雾 .....	119	5.4.3 局部腐蚀试验 .....	165
4.2.5 污损生物 .....	119	5.4.4 加速腐蚀试验 .....	166
		5.4.5 自然环境中的腐蚀试验 .....	167
		参考文献 .....	171

## 第二部分 技术篇

<b>第6章 舰船阴极保护技术</b> .....	174	6.2.1 阴极保护电位准则 .....	178
6.1 阴极保护技术简介 .....	174	6.2.2 舰船阴极保护设计应考虑 因素 .....	178
6.1.1 概述 .....	174	6.2.3 阴极保护经验设计方法 .....	179
6.1.2 阴极保护原理 .....	175	6.2.4 缩比模型阴极保护设计方法 .....	183
6.1.3 涂层和阴极保护的相互作用 .....	176	6.2.5 数值模拟阴极保护优化设计 方法 .....	184
6.1.4 阴极保护的应用范围 .....	177		
6.2 舰船阴极保护设计方法 .....	178		

6.3 舰船牺牲阳极阴极保护 .....	186	参考文献 .....	247
6.3.1 牺牲阳极材料 .....	186	<b>第8章 金属表面处理与覆盖技术</b> .....	248
6.3.2 船体牺牲阳极阴极保护 .....	188	8.1 金属表面工程 .....	248
6.3.3 压载舱的阴极保护 .....	190	8.1.1 表面转化改性技术 .....	248
6.3.4 海水管系的阴极保护 .....	192	8.1.2 薄膜技术 .....	248
6.4 舰船外加电流阴极保护 .....	193	8.1.3 涂镀层技术 .....	249
6.4.1 外加电流阴极保护装置 .....	194	8.1.4 表面工程技术的应用 .....	249
6.4.2 舰船外加电流阴极保护设计与 安装 .....	197	8.2 金属表面处理技术 .....	250
6.5 阴极保护系统的使用与维护 .....	198	8.2.1 电镀 .....	250
6.5.1 牺牲阳极保护系统 .....	198	8.2.2 表面转化改性技术 .....	261
6.5.2 外加电流阴极保护系统 .....	198	8.2.3 热浸镀 .....	272
参考文献 .....	199	8.3 金属表面热喷涂涂层技术 .....	278
<b>第7章 舰船涂料</b> .....	201	8.3.1 热喷涂技术概述 .....	278
7.1 概述 .....	201	8.3.2 热喷涂工艺的特点 .....	278
7.1.1 舰船涂料的特点 .....	201	8.3.3 热喷涂方法的种类及技术 .....	279
7.1.2 舰船涂料的分类 .....	201	8.3.4 热喷涂涂层材料 .....	282
7.1.3 舰船涂料的作用 .....	203	8.3.5 热喷涂涂层的性能 .....	283
7.1.4 舰船涂料的使用要求 .....	203	8.3.6 热喷涂技术的应用 .....	284
7.2 舰船各部位涂料性能要求及常用 品种 .....	204	8.4 金属表面冷喷涂涂层技术 .....	286
7.2.1 船底防锈涂料 .....	204	8.4.1 冷喷涂技术概述 .....	286
7.2.2 船底防污涂料 .....	207	8.4.2 冷喷涂设备及涂层形成机理 .....	286
7.2.3 水线涂料 .....	209	8.4.3 冷喷涂工艺的特点 .....	287
7.2.4 船壳涂料 .....	210	8.4.4 冷喷涂涂层材料及性能 .....	288
7.2.5 甲板涂料 .....	212	8.4.5 冷喷涂技术的应用 .....	288
7.2.6 内舱涂料 .....	213	8.5 金属表面非金属涂层技术 .....	289
7.3 特种舰船涂料 .....	218	8.5.1 搪瓷涂覆 .....	289
7.3.1 防结冰涂料 .....	218	8.5.2 陶瓷涂覆 .....	291
7.3.2 太阳热反射涂料 .....	218	8.5.3 塑料涂覆 .....	293
7.3.3 阻燃涂料 .....	222	8.6 其他防护涂层技术 .....	296
7.3.4 防火涂料 .....	223	8.6.1 激光熔覆 .....	296
7.3.5 阻尼涂料 .....	225	8.6.2 热扩散 .....	297
7.3.6 隐身涂料 .....	228	8.6.3 离子注入 .....	299
7.4 舰船涂料的施工 .....	234	8.6.4 化学气相沉积 .....	301
7.4.1 表面预处理 .....	234	8.6.5 物理气相沉积 .....	301
7.4.2 施工环境条件控制 .....	235	8.7 金属表面处理与覆盖技术的应用 .....	303
7.4.3 涂装过程控制 .....	236	8.7.1 表面技术在修复中的应用 .....	303
7.4.4 涂装完毕检验 .....	236	8.7.2 表面技术在提高材料耐蚀性方面 的应用 .....	306
7.4.5 涂装检查名称、内容和标准 .....	237	8.7.3 利用表面技术提高材料的 耐磨性 .....	306
7.4.6 涂料及其涂膜缺陷处理 .....	237	8.7.4 利用表面技术提高材料的疲劳 强度 .....	307
7.4.7 防护与安全 .....	244		

参考文献 .....	307	10.1.1 现状及分析 .....	349
<b>第9章 电绝缘技术</b> .....	308	10.1.2 舰船密封的分类和要求 .....	350
9.1 概述 .....	308	10.1.3 密封技术发展 .....	351
9.2 金属间电偶腐蚀机理与控制原理 .....	309	10.2 典型密封材料和制品 .....	352
9.2.1 电偶腐蚀 .....	309	10.2.1 密封材料 .....	352
9.2.2 电偶对与电偶腐蚀发生条件 .....	310	10.2.2 密封垫片 .....	354
9.2.3 电偶序与电偶腐蚀 .....	311	10.2.3 密封填料 .....	355
9.2.4 电偶腐蚀效应 .....	314	10.3 垫片密封及筛选 .....	357
9.2.5 影响电偶腐蚀的主要因素 .....	314	10.3.1 垫片密封结构失效分析 .....	357
9.2.6 常见的避免和防治电偶腐蚀的 措施 .....	316	10.3.2 密封材料筛选试验 .....	361
9.3 异种金属接触腐蚀特性试验 .....	318	10.4 新型柔性石墨密封材料研制 .....	368
9.3.1 自然腐蚀电位测量 .....	318	10.4.1 问题的提出 .....	368
9.3.2 电偶腐蚀测量 .....	321	10.4.2 柔性石墨密封材料对金属的 腐蚀影响 .....	368
9.4 舰船海水管系电绝缘技术研究 .....	322	10.4.3 舰用缓蚀型柔性石墨板材的 制备 .....	372
9.4.1 异金属接触腐蚀控制措施 .....	323	10.5 密封材料改进筛选试验 .....	374
9.4.2 管系电绝缘状态的测量评定 方法 .....	325	10.5.1 金属波形复合垫片的试验 研究 .....	374
9.5 电绝缘材料性能筛选试验 .....	326	10.5.2 密封件产品性能数据的综合 分析 .....	377
9.5.1 舰船海水管系对密封垫片 的要求 .....	327	10.5.3 分析及结论 .....	378
9.5.2 舰船海水管系密封垫片的优化 选型 .....	327	参考文献 .....	379
9.5.3 电绝缘试验研究及试验结果 分析 .....	329	<b>第11章 舰船轴用密封技术和装置</b> .....	380
9.5.4 样机抗冲击试验及法兰螺栓拧紧 力矩试验 .....	333	11.1 概述 .....	380
9.6 海水管系电绝缘产品的研制与应用 及电绝缘效果检测要求 .....	334	11.2 典型密封结构失效分析 .....	380
9.6.1 产品研制与应用 .....	334	11.2.1 海水泵机械密封失效分析及 对策研究 .....	380
9.6.2 舰船的电绝缘效果检测要求 .....	334	11.2.2 填料密封失效分析 .....	384
9.7 电绝缘涂层 .....	337	11.3 新型舰船泵用集装式机械密封装置 研究 .....	388
9.7.1 发展现状 .....	337	11.3.1 机械密封技术发展的方向和 特点 .....	388
9.7.2 防腐绝缘涂料配方设计与优化 研究 .....	338	11.3.2 新型集装式机械密封研制 .....	389
9.7.3 防腐绝缘涂料样品制备 .....	343	11.3.3 机械密封辅助装置研制与 试验 .....	393
9.7.4 涂层耐蚀性能测试 .....	343	11.3.4 机械密封试验 .....	394
9.7.5 涂装与施工 .....	346	11.4 舰船艉轴耐磨损复合填料密封 装置 .....	395
9.8 特殊情况的电绝缘结构 .....	347	11.4.1 现状与改进对策 .....	395
参考文献 .....	348	11.4.2 新型填料密封改进 .....	397
<b>第10章 密封材料技术</b> .....	349	11.4.3 密封填料性能测试、试验 .....	402
10.1 概述 .....	349		

参考文献 .....	404	13.5.1 便携式非插入局部腐蚀检测系统 .....	433
<b>第12章 介质隔离与腐蚀环境改善技术</b> .....	405	13.5.2 舰船涂层下腐蚀无损检测技术 .....	434
12.1 热绝缘包覆 .....	405	13.5.3 管路系统腐蚀在线监测技术(动态测厚系统) .....	436
12.1.1 热绝缘包覆材料及其作用 .....	405	参考文献 .....	439
12.1.2 热绝缘包覆材料的种类 .....	406	<b>第14章 舰船防腐防漏评估</b> .....	441
12.1.3 热绝缘包覆材料在舰船中的应用 .....	407	14.1 概述 .....	441
12.1.4 热绝缘包覆材料的施工工艺 .....	408	14.2 舰船防腐防漏方案综合评估 .....	441
12.1.5 热绝缘包覆层下的腐蚀与防护 .....	409	14.2.1 层次分析法 .....	442
12.2 腐蚀介质隔离 .....	410	14.2.2 模糊综合评判法 .....	444
12.2.1 覆盖层隔离方法 .....	410	14.2.3 模糊层次分析在舰船防腐防漏方案评估中的应用 .....	445
12.2.2 包覆隔离技术 .....	411	14.2.4 舰船防腐防漏方案评估典型案例 .....	448
12.3 腐蚀环境控制 .....	412	14.3 舰船寿命预测 .....	452
12.3.1 消除积水和积垢 .....	413	14.3.1 基于力学的寿命预测方法 .....	453
12.3.2 环境温度及湿度控制 .....	413	14.3.2 基于概率统计的寿命预测方法 .....	456
12.3.3 空气中的盐分去除 .....	414	14.3.3 基于信息新技术的寿命预测方法 .....	456
12.4 缓蚀剂 .....	415	14.4 涉及腐蚀的船舶结构极限强度与可靠性评估 .....	457
参考文献 .....	416	14.4.1 均匀腐蚀模型 .....	457
<b>第13章 腐蚀和泄漏监测、检测</b> .....	418	14.4.2 局部腐蚀模型 .....	459
13.1 舰船腐蚀和泄漏监测、检测简介 .....	418	14.5 舰船典型部位防腐设计方案仿真评估方法 .....	460
13.1.1 舰船腐蚀和泄漏监测、检测的意义 .....	418	14.5.1 基本原理和方法 .....	460
13.1.2 舰船腐蚀和泄漏监测、检测技术发展方向 .....	418	14.5.2 水下部位船体防腐设计方案仿真评估方法研究 .....	462
13.2 舰船腐蚀检测和监测技术及方法 .....	419	14.6 舰船腐蚀与防护数据库 .....	463
13.2.1 舰船常用腐蚀检测技术及方法 .....	419	14.6.1 舰船腐蚀专家系统建设 .....	464
13.2.2 舰船常用腐蚀监测技术及方法 .....	421	14.6.2 舰船管路完整性管理 .....	466
13.3 舰船泄漏监测和检测方法 .....	426	14.6.3 涂层、阴极保护和绝缘保护状态评估 .....	468
13.3.1 常用泄漏监测和检测方法 .....	426	参考文献 .....	469
13.3.2 舰船新型腐蚀和泄漏检测设备 .....	427	<b>第15章 材料腐蚀特性与试验</b> .....	471
13.4 舰船典型部位腐蚀和泄漏检测系统应用 .....	428	15.1 概述 .....	471
13.4.1 舰船用腐蚀和泄漏检测系统设备 .....	428	15.2 结构钢及配套材料腐蚀特性 .....	471
13.4.2 美军海军舰船现用腐蚀和泄漏检测系统设备 .....	430	15.2.1 试验内容和方法 .....	471
13.5 舰船腐蚀监测技术发展 .....	433	15.2.2 在室内静止海水的腐蚀行为 .....	473

15.2.3	腐蚀电位及与腐蚀行为的关系 .....	476	15.4	海水管路材料的腐蚀行为 .....	510
15.2.4	海水周浸条件下的腐蚀 .....	478	15.4.1	紫铜 .....	510
15.2.5	在海水中的极化曲线 .....	480	15.4.2	铜镍合金 .....	511
15.2.6	室内静止海水中的电偶腐蚀 .....	482	15.4.3	锡青铜 .....	512
15.2.7	电绝缘效果 .....	493	15.4.4	黄铜 .....	512
15.2.8	主要结论 .....	494	15.4.5	铝青铜 .....	513
15.3	铝合金在海洋环境中的自然腐蚀 .....	495	15.4.6	双相不锈钢 .....	514
15.3.1	铝合金在海洋大气中的腐蚀 .....	495	15.4.7	钛合金 .....	515
15.3.2	铝合金在静态海水中的腐蚀 .....	496	15.5	海水管路材料配套腐蚀特性 .....	515
15.3.3	铝合金在动态海水中的腐蚀 .....	501	15.5.1	试验材料及试样 .....	515
15.3.4	不同金属自然腐蚀电位和电偶序 .....	502	15.5.2	海水管系材料在静止海水中的电位序 .....	517
15.3.5	铝合金在静态海水中的电偶腐蚀 .....	503	15.5.3	海水管系材料在静止海水中的腐蚀率 .....	518
15.3.6	铝合金动态海水中的电偶电流 .....	507	15.5.4	11种海水管系材料的极化曲线 .....	518
15.3.7	铝合金结构材料匹配选择 .....	509	15.5.5	管系材料电偶腐蚀性能 .....	520
			参考文献	.....	528

## 第三部分 工程篇

第16章	水面舰船船体结构腐蚀与防护 .....	530	设计 .....	540	
16.1	概述 .....	530	16.3.4	甲板的腐蚀特点与防护设计 .....	541
16.1.1	船舶结构组成与分类 .....	530	16.4	船体水下附体和结构 .....	542
16.1.2	船舶结构金属保护原理 .....	531	16.4.1	艉轴 .....	542
16.1.3	腐蚀保护方法分类 .....	531	16.4.2	螺旋桨 .....	543
16.2	船舶结构的防腐蚀设计 .....	532	16.4.3	舵装置 .....	544
16.2.1	腐蚀介质对船舶结构侵蚀性的评估 .....	533	16.5	内舱的腐蚀 .....	544
16.2.2	零部件材料的选择及保护方法的确定 .....	533	16.5.1	内部舱室腐蚀影响因素 .....	544
16.2.3	消除连接零部件和组件的不良影响 .....	534	16.5.2	工作舱和居住舱 .....	545
16.2.4	确定结构构件的合理形状和布局 .....	536	16.5.3	卫生舱 .....	545
16.3	船体结构腐蚀 .....	537	16.5.4	难于维护保养的船体内部结构 .....	546
16.3.1	船体结构特点及影响腐蚀因素 .....	537	16.5.5	液舱的腐蚀特点与防护设计 .....	548
16.3.2	水线及以下船体外板腐蚀与防护设计 .....	539	16.6	舾装及舾装件腐蚀 .....	549
16.3.3	水线以上船体腐蚀特点与防护		16.6.1	舾装件的腐蚀 .....	549
			16.6.2	甲板面舾装件的腐蚀原因 .....	550
			16.6.3	甲板面舾装件的腐蚀控制 .....	550
			16.6.4	内装的腐蚀控制 .....	551
			16.7	舰船外加电流阴极保护系统技术要求 .....	552

16.7.1	系统主要部件特性与规格	552	17.6.2	分块边界元法的基本思想	581
16.7.2	设计与选用要求	554	17.6.3	复杂结构阻挡式屏蔽效应和单点 吸收式屏蔽效应综合影响	583
16.8	舰船牺牲阳极阴极保护系统技术 要求	555	17.6.4	复杂结构阻挡式和多点吸收式 “屏蔽效应”影响	583
16.8.1	常用牺牲阳极系列	555	17.6.5	分析及结论	585
16.8.2	牺牲阳极特性	555	参考文献		585
16.8.3	牺牲阳极型号规格与主要 尺寸	556	<b>第18章 铝合金舰船船体结构腐蚀及控制</b>		
16.8.4	设计要求	558	方法		587
参考文献		560	18.1	概述	587
<b>第17章 潜艇结构腐蚀与防护</b>		561	18.1.1	铝合金船舶发展	587
17.1	概述	561	18.1.2	结构材料与特点	588
17.2	潜艇结构典型腐蚀问题及分析	562	18.1.3	铝合金的主要腐蚀形态	589
17.2.1	水线及以下船体结构	562	18.1.4	国内铝质快艇腐蚀防护现状 调研	590
17.2.2	上层建筑及指挥台围壳区域的 腐蚀	563	18.2	铝合金舰船腐蚀防护设计	593
17.2.3	上层建筑及非耐压壳体内部 区域的腐蚀	563	18.2.1	铝合金舰船腐蚀防护要点	593
17.2.4	液舱的腐蚀	564	18.2.2	阴极保护优化设计	594
17.2.5	潜艇舾装的腐蚀	565	18.3	铝合金舰船腐蚀控制要求	599
17.3	潜艇用无机富锌涂料的失效机理	567	18.3.1	船体结构腐蚀控制要求	599
17.3.1	试验体系	567	18.3.2	海水管系的防腐防漏要求	600
17.3.2	研究内容与试验方案	568	18.3.3	其他管路系统、设备的防腐防漏 要求	601
17.3.3	试验方法	569	18.3.4	技术设计、施工设计及建造 要求	602
17.3.4	试验结论	569	18.4	铝合金舰船典型腐蚀故障与处理 措施	602
17.4	海水及海水交变压力对涂层破损的 影响	571	18.4.1	总体情况	602
17.4.1	试验装置和条件	571	18.4.2	典型腐蚀故障分析与处理	602
17.4.2	试验方法	571	18.5	微弧氧化表面处理技术及应用	614
17.4.3	静水压力对涂层吸水率的 影响	572	18.5.1	大型铝合金工件的微弧氧化处理 工艺	614
17.4.4	小结及分析	574	18.5.2	微弧氧化技术在螺旋桨叶片表面 处理中的应用	616
17.5	牺牲阳极材料失效	576	18.5.3	铝及其合金物件微弧氧化工艺 要求	619
17.5.1	概述	576	参考文献		622
17.5.2	工作电位-时间曲线	577	<b>第19章 舰船管路系统防腐防漏技术</b>		623
17.5.3	阳极电化学性能	577	19.1	概述	623
17.5.4	电流效率	578	19.1.1	舰船管路系统基本组成	623
17.5.5	实海试验	578	19.1.2	船舶管路腐蚀	625
17.5.6	试验结果	580	19.1.3	决定管路材料耐蚀性的因素	626
17.6	牺牲阳极阴极保护系统电流屏蔽 效应	580			
17.6.1	概述	580			

19.2 淡水管系腐蚀特点与防腐防漏设计 .....	627	19.11.2 技术要求 .....	657
19.2.1 船舶淡水系统及材料应用概况 .....	627	19.11.3 选用原则 .....	658
19.2.2 淡水管路典型材料腐蚀特点 .....	628	19.11.4 原材料控制 .....	659
19.2.3 淡水管路选材发展方向 .....	631	19.11.5 加工工艺过程 .....	659
19.2.4 淡水管路防腐防漏设计 .....	631	19.11.6 技术要求 .....	660
19.3 高温管路腐蚀 .....	633	参考文献 .....	661
19.3.1 材料与使用环境 .....	633	<b>第 20 章 海水管路腐蚀规律及防护技术</b> .....	662
19.3.2 排气管材料的腐蚀环境分析 .....	633	20.1 概述 .....	662
19.3.3 渗铝涂层的性能及应用 .....	634	20.2 舰船海水管路的腐蚀环境特点及规律 .....	662
19.4 管路系统弹性连接技术 .....	638	20.2.1 腐蚀环境 .....	662
19.4.1 概述 .....	638	20.2.2 海水腐蚀影响因素 .....	663
19.4.2 管道振动与泄漏的关系 .....	639	20.2.3 腐蚀破损特点和规律 .....	668
19.4.3 管路系统连接的发展趋势 .....	639	20.3 海水管路腐蚀机理 .....	671
19.4.4 设备和管路的隔振 .....	640	20.3.1 海水流动对管路的腐蚀 .....	671
19.4.5 管路的弹性连接 .....	641	20.3.2 缝隙腐蚀 .....	675
19.4.6 管路流体系统的消振 .....	642	20.3.3 电偶腐蚀 .....	677
19.5 先进密封垫片 .....	643	20.3.4 脱成分腐蚀 .....	679
19.5.1 水系统和油系统用垫片 .....	643	20.3.5 潮湿海洋大气腐蚀 .....	680
19.5.2 蒸汽系统用垫片 .....	644	20.3.6 污水系统的腐蚀 .....	681
19.5.3 排烟系统垫片 .....	645	20.4 海水管路的腐蚀防护技术 .....	682
19.6 排烟管选材及防腐技术要求 .....	645	20.4.1 钢管镀锌 .....	682
19.6.1 合理选材 .....	645	20.4.2 非金属覆层 .....	682
19.6.2 采用耐高温腐蚀涂层 .....	645	20.4.3 硫酸亚铁成膜处理 .....	683
19.7 日用淡水系统管路及附件要求 .....	646	20.4.4 阴极保护 .....	685
19.7.1 一般要求 .....	646	20.4.5 铁合金牺牲阳极与铁合金电解成膜联合保护 .....	689
19.7.2 选材 .....	646	20.4.6 海水管系防污防腐系统 .....	691
19.7.3 工艺和安装 .....	648	20.5 铜镍合金管路应用 .....	694
19.8 船舶法兰选型要求 .....	648	20.5.1 提高认识与认清形势 .....	694
19.8.1 一般要求 .....	648	20.5.2 钝化与成膜 .....	695
19.8.2 技术要求 .....	648	20.5.3 最大流速选择 .....	698
19.9 船舶用管路系统接头选型技术要求 .....	649	20.5.4 阀门材料选择 .....	700
19.9.1 选型要求 .....	649	20.6 海水管路的腐蚀控制要求 .....	700
19.9.2 材料及外观要求 .....	651	20.6.1 海水管路选材依据 .....	701
19.10 管路与船体连接件的选型要求 .....	652	20.6.2 海水管路材料使用注意事项 .....	702
19.10.1 舰船管道与船体刚性、弹性连接要求 .....	652	20.6.3 防腐蚀措施的选用 .....	702
19.10.2 金属波形膨胀节选型要求 .....	654	20.6.4 海水管路选材和防腐蚀措施推荐配套方案 .....	702
19.11 密封垫片选型技术要求 .....	657	20.6.5 合理设计 .....	703
19.11.1 产品分类 .....	657	20.7 电偶腐蚀控制技术要求 .....	704
		20.7.1 控制电偶腐蚀的一般原则 .....	704

20.7.2	实施控制电偶腐蚀措施时的注意 事项 .....	704	21.6.3	防腐措施 .....	758
20.7.3	合理选材控制电偶腐蚀 .....	704	21.7	舰船用锅炉防腐防漏 .....	758
20.7.4	电偶腐蚀的防护 .....	707	21.7.1	舰船锅炉破管原因分析 .....	758
20.8	电绝缘技术要求 .....	708	21.7.2	锅炉防潮保温技术 .....	759
20.8.1	概述 .....	708	21.7.3	舰船锅炉的防腐管理 .....	760
20.8.2	基本要求 .....	708	21.8	舰船电子电气设备的腐蚀控制 .....	760
20.8.3	绝缘法兰的结构要求 .....	708	21.8.1	“三防”结构设计 .....	760
20.8.4	法兰的制造要求 .....	709	21.8.2	“三防”工艺设计 .....	761
20.8.5	绝缘密封垫片和紧固件绝缘零件 的技术要求 .....	710	21.8.3	防腐措施 .....	761
20.8.6	紧固件 .....	711	21.9	其他装置 .....	762
20.8.7	绝缘法兰的安装和检验 .....	711	21.9.1	艉轴 .....	762
20.8.8	电绝缘状况的测量方法 .....	712	21.9.2	高压气瓶 .....	764
20.8.9	维护及电绝缘故障处理 .....	713	21.10	舰船通用离心泵、旋涡泵防腐防漏 技术要求 .....	766
参考文献	.....	713	21.10.1	材料及铸件要求 .....	766
<b>第21章</b>	<b>舰船设备防腐防漏技术</b> .....	714	21.10.2	结构要求 .....	766
21.1	概述 .....	714	21.10.3	使用性能 .....	767
21.2	舰船冷却设备腐蚀与控制 .....	714	21.10.4	试验检验 .....	768
21.2.1	早期冷却设备腐蚀破损事故 分析 .....	715	21.10.5	机械密封检验 .....	769
21.2.2	空调冷却器模拟试验分析 .....	719	21.11	舰船用海水冷却设备防腐技术 要求 .....	769
21.2.3	冷却设备的腐蚀特点 .....	726	21.11.1	管束选材建议 .....	769
21.2.4	冷却设备的腐蚀控制 .....	729	21.11.2	水室内结构材料选材 .....	769
21.3	舰船用水泵防腐防漏 .....	733	21.11.3	水室防腐技术要求 .....	770
21.3.1	形式与原理 .....	733	21.11.4	管束防腐技术要求 .....	771
21.3.2	型号和特点 .....	735	21.12	舰船液压系统防漏技术要求 .....	772
21.3.3	腐蚀特点 .....	737	21.12.1	主要构成 .....	772
21.3.4	水泵存在的问题 .....	738	21.12.2	一般要求 .....	772
21.3.5	水泵防腐防漏的优化改进 .....	739	21.12.3	液压阀件 .....	772
21.4	舰船用液压系统和设备的防漏 .....	741	21.12.4	液压密封件 .....	773
21.4.1	工作原理和组成 .....	741	21.12.5	密封胶 .....	774
21.4.2	密封装置 .....	742	21.12.6	液压管接件 .....	775
21.4.3	管路与管接头 .....	748	21.12.7	液压泵组 .....	776
21.5	舰船用阀门防腐防漏 .....	749	21.12.8	液压元件及液压油 .....	776
21.5.1	船用阀门技术的发展概况 .....	749	21.13	舰船用柴油机、空压机防腐防漏 技术要求 .....	777
21.5.2	新型阀门的型号特点 .....	749	21.13.1	总则 .....	777
21.5.3	腐蚀现象和特点 .....	751	21.13.2	柴油机防腐防漏技术要求 .....	778
21.5.4	密封性能优化改进 .....	752	21.13.3	空压机防腐防漏技术要求 .....	781
21.6	舰船用海水滤器防腐防漏 .....	754	21.14	舰船通用阀门防腐防漏技术要求 .....	783
21.6.1	腐蚀现象和特点 .....	754	21.14.1	通则 .....	783
21.6.2	典型腐蚀问题分析 .....	755	21.14.2	阀门连接尺寸与结构 .....	784





21.14.3	密封副 .....	785	22.5	涂装设计与阴极保护设计 .....	805
21.14.4	阀门的关闭件 .....	785	22.5.1	涂装设计 .....	805
21.14.5	阀杆与阀杆的螺母、轴承 .....	786	22.5.2	阴极保护设计 .....	806
21.14.6	填料、带孔填料垫、填料压盖 .....	786	22.6	舰船防腐防漏设计要求 .....	806
21.14.7	阀门静压寿命试验 .....	786	22.6.1	总则 .....	806
21.14.8	阀门的检验规则 .....	787	22.6.2	防腐蚀 .....	807
21.15	舰船辅机及管路系统密封填料选型 技术要求 .....	788	22.6.3	防漏 .....	811
21.15.1	产品分类 .....	788	22.6.4	设备防腐防漏 .....	812
21.15.2	选型要求 .....	788	22.7	加工制造及建造过程中的腐蚀防护 与控制 .....	813
21.15.3	检验规则 .....	789	22.7.1	冷加工 .....	813
参考文献	.....	789	22.7.2	热加工 .....	813
<b>第 22 章</b>	<b>舰船全寿命周期防腐防漏工程</b> <b>实施</b> .....	791	22.7.3	非标准管配件制作 .....	814
22.1	舰船防腐防漏工作的组织 .....	791	22.7.4	管路与附件的布线和安装 .....	815
22.1.1	工作流程 .....	791	22.7.5	涂装施工与检查 .....	822
22.1.2	一般原则 .....	791	22.7.6	外加电流保护装置安置与 安装 .....	823
22.1.3	顶层组织要求 .....	792	22.7.7	牺牲阳极安装方法 .....	824
22.1.4	顶层设计要求 .....	793	22.7.8	设备安装与试运行 .....	825
22.2	任务评估与方法确定 .....	794	22.7.9	避免船体水下部位电腐蚀 .....	826
22.2.1	腐蚀介质对舰船结构侵蚀性的 评定和预估 .....	794	22.8	舰船建造防腐防漏技术要求 .....	828
22.2.2	材料的选择及与防腐防漏方法 的确定 .....	794	22.8.1	文件准备 .....	828
22.3	材料和方法相容性设计 .....	797	22.8.2	船体建造和舾装要求 .....	828
22.3.1	一般原则 .....	797	22.8.3	管系与管系附件要求 .....	832
22.3.2	注意事项 .....	798	22.9	防腐防漏系统的使用、维护和修理 .....	833
22.3.3	典型材料相容性设计案例 .....	798	22.9.1	材料腐蚀的监检测 .....	833
22.3.4	管路系统材料相容性设计 .....	801	22.9.2	腐蚀环境监测和电位检测 .....	837
22.4	结构优化设计要求 .....	802	22.9.3	涂层与阴极保护的维护、修理 .....	840
22.4.1	舰船总体布置设计要求 .....	802	22.9.4	舱底的清洁 .....	842
22.4.2	合理结构设计 .....	803	22.9.5	海水管路的正确使用、维修和 保养 .....	842
			参考文献	.....	842